

CLIMA IMPIANTI

LA RIVISTA DEGLI IMPIANTI TERMOTECNICI E AERAUICI

N. 2 MARZO 2013
ISSN 2280-398X



Trust Systemair, the **easiest** way
to be an **happy** customer



www.systemair.it

 **systemair**

LEGGI E NORME

*La nuova Direttiva
Europea 2012/27/EU*

ANTINCENDIO

*Regola tecnica per idranti
e sprinkler secondo il D.M.
20.12.2012*

IMPIANTI

*Finanza di progetto
a supporto delle strutture
sanitarie*

GESTIONE DEL PROGETTO

*Building system
commissioning in cantiere*

FORMAZIONE

*Aggiornamento continuo:
un'esigenza per
il progettista*

 **Reed Business
Information**

SOMMARIO

N. 2 MARZO 2013

CLIMA IMPIANTI

Direttore Reed Publishing

Francesca Bonadeo

francesca.bonadeo@reedbusiness.it
tel. 02 81830.668

Responsabile Area Installazione

Alessia Varalda

alessia.varalda@reedbusiness.it

Redazione

Edoardo Oldrati

edoardo.olderati@reedbusiness.it

Daniele Bonalumi

daniele.bonalumi@reedbusiness.it

Comitato Tecnico Scientifico

Franco Adami

giornalista, termotecnico (coordinatore)

franco.adami@reedbusiness.it

cell. 335 1030999

Agostino Albertazzi

Direttore aggiunto e direttore commerciale Polo

Energia Cofely Italia

Paolo Bassi

Progettista, giornalista pubblicista

Antonio Carlin

Dipartimento di Ingegneria Gestionale

e della Produzione, IV Facoltà Ingegneria,

Politecnico di Torino

Diego Danieli

Liberio professionista, Venezia

Antonio De Marco

Progettista e consulente, Deal Progetti Milano

Gianfranco Gianni

Gianni Benvenuto

Luigi Monguzzi

Progettista, termotecnico

Stefano Pelloso

Responsabile commissione impianti - Ordine

ingegneri di Vicenza

Oliviero Tronconi

Politecnico di Milano

Segreteria di redazione

Claudia Cristallo

claudia.cristallo@reedbusiness.it

tel. 02 81830.620

Hanno collaborato a questo numero:

Liala Baiardi, Paolo Bassi, Filippo Belviglieri,

Davide Bertagnoli, Antonio De Marco, Carmelo

La Torre, Adelaide Maini, Stefano Pelloso,

Valentina Puglisi, Andrea Verondini

4

EDITORIALE

LA RISORSA "TEMPO"

FRANCO ADAMI

6

LEGGI E NORME

**LA NUOVA DIRETTIVA EUROPEA
2012/27/EU PARTE 2**

STEFANO PELLOSO

18

ANTINCENDIO

**REGOLA TECNICA PER IDRANTI
E SPRINKLER SECONDO IL D.M.
20.12.2012**

ANTONIO DE MARCO

32

IMPIANTI

**FINANZA DI PROGETTO A SUPPORTO
DELLE STRUTTURE SANITARIE**

LIALA BAIARDI

38

IMPIANTISTICA

**VERIFICARE E CONTROLLARE
IL COLPO D'ARIE**

CARMELO LA TORRE

44

GESTIONE DEL PROGETTO

**BUILDING SYSTEM COMMISSIONING
IN CANTIERE**

FILIPPO BELVIGLIERI, DAVIDE BERTAGNOLI

52

FORMAZIONE

**AGGIORNAMENTO CONTINUO:
UN'ESIGENZA PER IL PROGETTISTA**

PAOLO BASSI

56

COMFORT

**IL BENESSERE VISIVO, ACUSTICO
E TERMOIGROMETRICO NELL'EDIFICIO**

VALENTINA PUGLISI

64

REFRIGERAZIONE

CALCOLO DEI CARICHI INTERNI

ANDREA VERONDINI

70

PRODOTTI E SISTEMI

A CURA DELLA REDAZIONE

76

ATTUALITÀ E MERCATI

A CURA DELLA REDAZIONE

L'involucro edilizio/2

IL BENESSERE TERMOIGROMETRICO

VALENTINA PUGLISI

In questo secondo approfondimento sulle prestazioni dell'involucro viene analizzato il contributo dei diversi elementi architettonici al benessere di chi fruisce di questi spazi. Dopo aver analizzato la sicurezza e le capacità di isolamento termico, in questo articolo vengono approfonditi i seguenti temi: l'illuminazione naturale e il controllo della luminosità interna, il benessere acustico e il mantenimento di una buona qualità dell'aria interna



Hearst Tower di Norman Foster: New York, 2006. Fotografia dell'autore

VISIVO, ACUSTICO E NELL'EDIFICIO

La luce naturale rappresenta una fonte energetica largamente sottoutilizzata; la dimostrazione è contenuta in alcuni casi studio che hanno evidenziato come, in edifici a destinazione terziaria, il fabbisogno di energia elettrica per la corretta illuminazione degli ambienti ricopra quasi il 50% dei consumi elettrici totali. La radiazione solare, se sfruttata correttamente, potrebbe apportare notevoli benefici sia per il risparmio energetico sia per i livelli di comfort interni. Approfonditi studi hanno dimostrato che la radiazione naturale è meglio accettata dagli utenti interni di quella artificiale. Parametri illuminotecnici quali l'illuminamento o la luminanza delle superfici non sono idonei alla misurazione del comfort illuminotecnico in presenza di luce naturale, per una serie di considerazioni.

In primis, la luce naturale gioca un ruolo fondamentale sulla biochimica del corpo umano. Una ricerca condotta nel 1994 da Espiritu ha permesso di quantificare l'esposizione giornaliera minima alla radiazione naturale che consente alle persone di mantenere buoni livelli di umore. È stato verificato che le persone che ricevono in media, durante una giornata, un'esposizione alla luce naturale inferiore a 1000 lux per meno di un'ora non sono in grado di mantenere un buon umore. Nella stessa ricerca, viene calcolato che il tipico occupante di un ufficio passa il suo tempo in ambienti con un livello di illuminazione inferiore a 100 lux. A tutto questo deve essere sommata la considerazione che l'illuminazione artificiale difficilmente può essere in grado di sostituire quella naturale, proprio per una serie di caratteristiche che le differenziano profondamente. Mentre la luce artificialmente prodotta presenta spettro e intensità costanti durante tutto il periodo di produzione, quella naturale varia continuamente di intensità e di spettro, attraverso una variazione della colorazione. Nel caso di valutazione dell'illuminamento naturale all'interno degli edifici, quindi, non possono essere valutate unicamente

le condizioni di esposizione media alla radiazione solare, ma vanno tenute in debito conto le condizioni massime e minime.

Infine, il benessere visivo non si intende limitato solamente alla salvaguardia dei pur necessari livelli di illuminamento, ma deve comprendere anche gli aspetti di relazione visiva tra l'interno e l'esterno di un edificio, che sono spesso garantiti dalla presenza delle finestre. Un'altra caratteristica fondamentale per avere una corretta illuminazione del luogo di lavoro è l'uniformità (come è consigliato nelle raccomandazioni Cie o nelle singole normative e raccomandazioni nazionali ¹⁾). È noto che i livelli di illuminamento in presenza di radiazione naturale possono variare di un ordine di grandezza, se misurati in prossimità della superficie trasparente e a distanza dalla stessa. Al contrario, l'illuminazione artificiale viene progettata con lo scopo di ottenere variazione dei livelli di illuminamento sul piano di lavoro inferiori al 20%.

Al fine di effettuare una corretta analisi di illuminazione naturale, è necessario definire alcune condizioni al contorno degli ambienti che si analizzano. La prima di queste è inerente alle condizioni del cielo. Negli anni passati sono stati elaborati da Perez differenti modelli di cielo. In particolare Muneer ne riporta tre, che identificano altrettante differenti tipologie di cielo:

- cielo coperto: più dell'80% della superficie del cielo è completamente coperta da nuvole. I corrispondenti livelli di illuminamento raggiunti in ambienti aperti possono variare da alcune centinaia a qualche migliaio di lux, in funzione della latitudine e della densità delle nuvole;
- cielo sereno: meno del 30% della superficie del cielo risulta oscurata da nuvole;
- cielo nuvoloso: la percentuale di nuvolosità varia dal 30% all'80%. Ge-

¹ Norma Uni EN 12464-1 (2004), "Luce e illuminazione. Illuminazione dei posti di lavoro. Parte I: posti di lavoro in interni".

TABELLA 1. LIVELLI DI ILLUMINAMENTO INTERNO PER GLI AMBIENTI DI LAVORO. FONTE: ESTRATTO DELLA NORMA UNI EN 12464-1

Tipo d'interno, uso o attività	Livello di illuminamento [lux]
Uffici	
Archiviazione, copiatura ecc.	300
Scrittura, battitura, lettura, trattamento dati	500
Disegno tecnico	750
Stazioni di lavoro CAD	500
Sale conferenze e riunioni	500
Zona reception	300
Archivi	200
Aree generali	
Hall	100
Bagni, toilette	200
Salotti	200
Biglietterie	300
Ristoranti self-service, sale da pranzo	200
Zone di traffico	
Aree di circolazione	100
Corridoi di giorno	200
Corridoi di notte	50
Scale e scale mobili	150

neralmente questo modello viene associato a un cielo la cui luminosità ha una notevole variabilità, essendo soggetto a repentine variazioni di intensità.

In funzione di ciascuna delle tre tipologie di cielo, rappresentative anche delle caratteristiche climatiche dei luoghi oggetto delle valutazioni di illuminamento naturale, sono identificabili differenti strategie per un più congruo controllo della radiazione solare. Condizioni di cielo sereno sono fondamentalmente diverse da condizioni di cielo permanentemente coperto. Mentre in un caso la migliore strategia per l'illuminamento è quella di schermare la radiazione solare in ingresso negli ambienti nel secondo caso, trovandosi di fronte a radiazione di tipo diffuso, è importante la corretta determinazione della geometria del sistema di involucro trasparente.

Il controllo dell'illuminamento interno

Un'adeguata quantità di luce che raggiunge una determinata superficie garantisce una buona visibilità e, quindi, un buon livello di comfort. Diverse normative definiscono i livelli minimi di illuminamento naturale sui piani di lavoro, correlati con le attività in fase di svolgimento. Sia la norma Uni EN 12464-1 (vedi tabella 1) sia la normativa canadese sulla sicurezza sul lavoro Canada Labour Code (vedi tabella 2)², ad esempio, impongono dei livelli minimi di illuminamento sul piano di lavoro. Nel manuale dell'illuminamento dell'Iesna³ (vedi tabella 3) vengono definiti i livelli di illuminamento rapportati con le tipologie di utilizzo degli ambienti.

TABELLA 2. LIVELLI MINIMI DI ILLUMINAMENTO SUL PIANO DI LAVORO SECONDO IL CANADA LABOUR CODE. FONTE: ELABORAZIONE DELL'AUTORE SUI DATI DEL CANADA LABOUR CODE, CANADA OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY REGULATIONS, S.O.R. 86-304, PART VI: LIGHTING, 6.11 MINIMUM LEVELS OF LIGHTING

Attività	Livello di illuminamento [lux]
Corridoi e vie di esodo	50-100
Depositi (in funzione del compito visivo)	50-200
Spazi ricreativi, bagni, spogliatoi, servizi, reception	100
Commercio, bar	200
Palestre, sale riunioni e conferenze, uffici con posti di lavoro vicini alle finestre	300
Uffici privati, sale per elaborazione dati	500
Uffici <i>open space</i> (in funzione dei livelli di riflessione)	750-1.000

TABELLA 3. LIVELLI MINIMI DI ILLUMINAMENTO INTERNO SECONDO L'IESNA. FONTE: IESNA, THE IESNA LIGHTING HANDBOOK - REFERENCE & APPLICATION, NINTH EDITION, NEW YORK, 2000

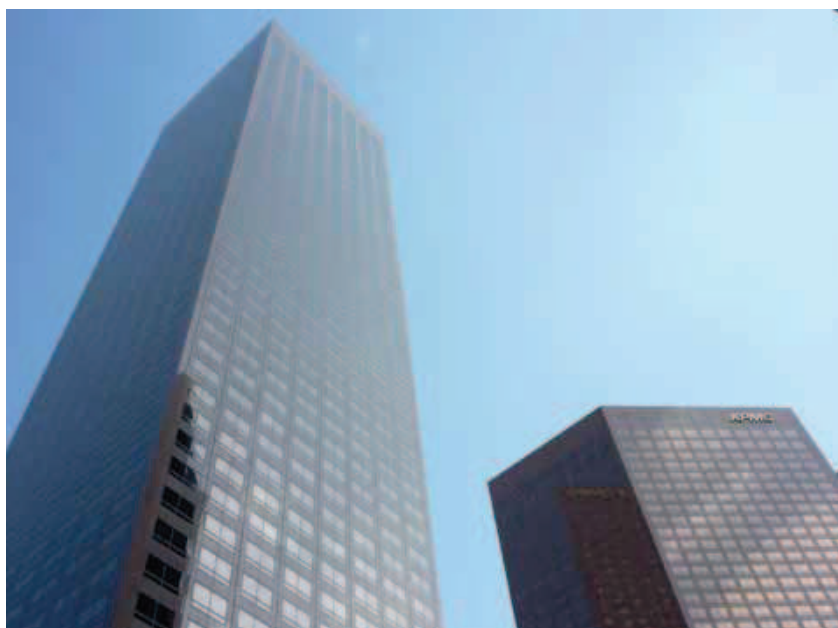
Compiti visivi	Attività	Livello di illuminamento [lux]
Semplici	Spazi pubblici	30
	Orientamento semplice per brevi visite	50
	Spazi di lavoro con impegno visivo semplice	100
Comuni	Compiti visivi con alto contrasto e grande dimensione	300
	Compiti visivi con alto contrasto e piccola dimensione o anche con basso contrasto e grande dimensione e uffici privati	500
	Compiti visivi con basso contrasto e piccola dimensione	1.000
Speciali	Compiti visivi vicini alla soglia	3.000-1.000

In Italia, alcune norme Uni riportano i livelli di illuminamento minimi consigliati per alcune particolari destinazioni d'uso. Ad esempio, la norma Uni 10840 del 2007⁴ riporta i valori minimi di illuminamento interno per edifici scolastici. In particolare, i valori consigliati sono variabili da 100 lux per gli spazi connettivi a 750 lux per le aule adibite allo svolgimento di lavori ad alta precisione con impegni visuali notevoli. In generale, valori di comfort per gli ambienti utilizzati per attività normali sono compresi tra 300 e 500 lux. In analogia con quanto riportato nel

² Canada Labour Code, Canada Occupational Health and Safety Regulations, S.O.R. 86-304, part VI: lighting, 6.11 Minimum levels of lighting.

³ Iesna (Illuminating Engineering Society of North America), The Iesna Lighting handbook - Reference & Application, Ninth Edition, New York, 2000.

⁴ Norma Uni 10840 (2007), "Luce e illuminazione - Locali scolastici - Criteri generali per l'illuminazione artificiale e naturale". La norma specifica i criteri generali per l'illuminazione artificiale e naturale delle aule e di altri locali scolastici, in modo da garantire le condizioni generali per il benessere e la sicurezza degli studenti e degli altri utenti della scuola. Per quanto concerne i livelli di illuminamento e le prescrizioni generali sull'illuminazione artificiale, si rimanda alla Uni EN 12464-1.



*Wells Fargo Center di Skidmore, Owings & Merrill: Los Angeles, 1983.
Fotografia dell'autore*



Two California Plaza di Arthur Erickson Architectural Corporation: Los Angeles, 1992. Fotografia dell'autore

manuale dell'Iesna, la norma Uni 10530 del 1997⁵ riporta i valori dei livelli di illuminamento in funzione delle attività svolte all'interno degli ambienti. Attualmente questa norma è stata ritirata, ma è comunque stata emanata, nel 2004, la norma Uni EN 12464-1, che determina le condizioni di illuminamento dei posti di lavoro all'interno degli edifici trattando, nello specifico, le condizioni di illuminamento artificiale.

Le regole per l'illuminamento artificiale sono, però, molto più restrittive di quanto non è possibile chiedere all'illuminamento naturale. È possibile anche tollerare, difatti, livelli di illuminamento naturale meno uniformi di quello richiesto con la luce artificiale. Il livello minimo di illuminamento sul piano di lavoro non è l'unico tra i parametri da considerare nella determinazione dei livelli di comfort visivo. Associate a questo parametro, difatti, devono esserci sempre l'assenza di abbagliamento, un'adeguata uniformità della radiazione solare e una sufficiente varietà spettrale della radiazione solare. Tutto questo contribuisce, inoltre, all'ottimale resa dei colori.

I fenomeni di abbagliamento

In medicina l'abbagliamento rappresenta un disturbo transitorio della vista, percepibile come una sensazione eccessiva di luce, senza alcun oggetto reale interpretabile, causato da un'alterazione delle vie oculari o nervose.

In edilizia, l'abbagliamento è strettamente correlato con il contrasto tra i livelli di luminanza di superfici all'interno del campo visivo dell'utente. Pertanto, il calcolo e la verifica dell'assenza di fenomeni di abbagliamento dipendono dalla distribuzione dell'illuminamento sul piano di lavoro. Numerosi sono i riferimenti al controllo della radiazione naturale e all'eliminazione dei dannosi effetti dell'abbagliamento. Uno di questi è il Lighting Handbook dell'Illuminating Engineering Society of North America, nel quale l'abbagliamento è definito come "la sensazione prodotta dalla luminanza all'interno del campo visuale che sia sufficientemente maggiore della luminanza alla quale gli occhi sono abituati e che può causare affaticamento, discomfort o perdita di visibilità e di performance visiva"⁶. L'abbagliamento viene suddiviso in due tipologie:

- abbagliamento che causa inabilità (*disability glare*): ha origine quando un raggio di luce incide direttamente l'occhio umano, provocando momentaneamente la totale o parziale cecità. Gli utenti se ne rendono conto immediatamente e cercano di modificare la loro posizione;
- abbagliamento che causa discomfort (*discomfort glare*): si tratta di un fastidio provocato dall'elevata e disuniforme distribuzione della luminanza nel campo visivo. Gli utenti potrebbero non notare alcun effetto sui loro rendimenti sul posto di lavoro.

In presenza di ampie finestre o di altri analoghi sistemi di illuminamento naturale, il fenomeno dell'abbagliamento potrebbe essere

⁵ Norma Uni 10530 (1997), "Principi di ergonomia della divisione. Sistemi di lavoro e illuminazione".

⁶ Iesna, *The Iesna Lighting handbook - Reference & Application, Ninth Edition*, New York, 2000.



Beekman Tower di F.O. Gehry: New York, 2010. Fotografia dell'autore

realmente significativo e per questo motivo vengono ideati sistemi in grado di controllare la radiazione solare. Appare quindi importante valutare l'entità del fenomeno dell'abbagliamento. Questa valutazione risulta molto complessa in quanto possono essere effettuate valutazioni soggettive, dipendenti dalle sensazioni provate dai singoli utenti. Uno dei meccanismi per individuare il discomfort da abbagliamento è quello correlato alla definizione del *Daylight Glare Index* (DGI ⁷), che viene utilizzato per indicare la risposta soggettiva a sorgenti luminose a larga scala. Il DGI può essere applicato unicamente a fonti di luce con distribuzione omogenea come, ad esempio, la luminanza del cielo uniforme attraverso una finestra. Nell'appendice B della norma Uni 10840 ⁹ è riportato un metodo di calcolo del DGI. Quest'ultimo è definito come il logaritmo della somma delle costanti di abbagliamento calcolate per tutte le porzioni di sorgente primaria e secondaria all'interno del campo di vista del singolo individuo. Inoltre, vengono riportati i valori limite del DGI in funzione delle attività svolte negli ambienti. Se il DGI è inferiore a 20, l'abbagliamento risulta appena percettibile, mentre un valore di 24 è il limite per il

⁷ DGI, Daylight Glare Index, è un indice di valutazione dell'abbagliamento per la valutazione del disturbo causato da estese superfici luminose, tipicamente quella del cielo visto attraverso ampie finestre (pubblicato all'inizio degli anni '80).

TABELLA 4. IL DGI IN RELAZIONE ALL'UGR ⁸. FONTE: NORMA UNI 10840

Categorie per la valutazione dell'abbagliamento	UGR	DGI
Appena percettibile	10-13	16-8
Accettabile	16-19	20-22
Fastidioso	22-25	24-26
Intollerabile	28	28

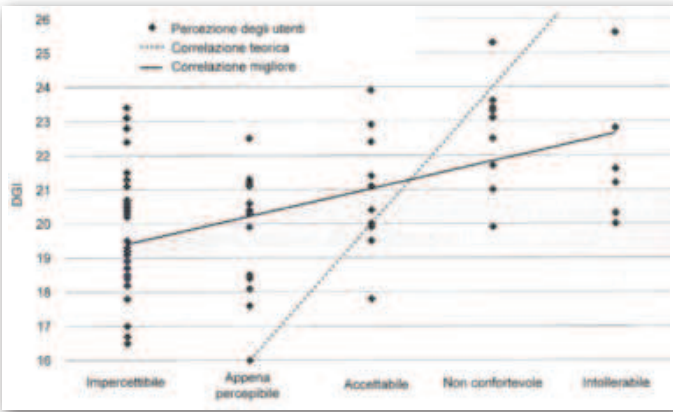


Figura 1. Correlazione tra DGI e comfort visivo. Fonte: Golz S., *A new perspective for the concept of Discomfort Glare Index*, Atti del convegno Eurosun 2004, Freiburg i.b.

fastidio; infine, un DGI pari o superiore a 28 denota dei livelli di abbagliamento intollerabili. Presso il *Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems* (ISE) di Friburgo sono stati condotti alcuni studi approfonditi, che hanno permesso di associare sperimentalmente il valore del DGI alle sensazioni degli utenti e ai livelli di comfort raggiunti. Detti studi sono sintetizzati nel grafico che la figura in alto propone, dove in ascissa è stato riportato il livello di comfort, mentre in ordinata il DGI.

Il benessere acustico

Fonoassorbimento e fonoisolamento costituiscono due parametri fondamentali per capire i fenomeni acustici nelle strutture edili. La legge italiana sull'isolamento acustico attualmente in vigore, il Dpcm del 5 dicembre 1997 ¹⁰, stabilisce i requisiti per la protezione passiva acustica degli edifici. Il Dpcm introduce l'isolamento acustico stan-

⁸ UGR, Unified Glare Rating, più indicato per la valutazione del disturbo da apparecchi illuminanti o comunque da sorgenti non estese. Quest'ultimo è stato sviluppato dalla Cie nel 1995 ed è stato recentemente proposto ('98) in ambito europeo, come indice di riferimento nel progetto di norma europea PR EN 12464 "Lighting application - Lighting of work places". Si prospetta un suo recepimento anche in ambito nazionale.

⁹ Uni 10840 (2007), "Luce e illuminazione. Locali scolastici. Criteri generali per l'illuminazione artificiale e naturale".

¹⁰ DPCM del 5 dicembre 1997, Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici, G.U. n. 297 del 22 dicembre 1997.

TABELLA 5. REQUISITI ACUSTICI DEI COMPONENTI DI INVOLUCRO EDILIZIO. FONTE: DPCM 5 DICEMBRE 1997

Categoria		$D_{2m,nT,w}$	R_w	$L_{n,w}$
D	Edifici adibiti ad ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili	45	55	58
A	Edifici adibiti a residenza o assimilabili			
C	Edifici adibiti ad alberghi, pensione ed attività assimilabili	40	50	63
E	Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili	48	50	58
B	Edifici adibiti ad uffici o assimilabili			
F	Edifici adibiti ad attività ricreative o di culto o assimilabili	42	50	55
G	Edifici adibiti ad attività commerciali o assimilabili			

dardizzato di facciata $D_{2m,nt}$, una grandezza per la verifica del potere fonoisolante degli elementi costruttivi. Questo è calcolato secondo la seguente formula:

$$D_{2m,nt} = D_{2m} + 10 \times \log \frac{T}{T_0} \quad \text{con:} \quad D_{2m} = L_{1,2m} - L_2$$

dove $L_{1,2m}$ è il livello di pressione sonora esterno a 2 metri dalla facciata prodotto da rumore da traffico o da altoparlante esterno, mentre L_2 è il livello medio di pressione sonora all'interno dell'ambiente ricevente il rumore. Nella formula del livello di isolamento acustico di facciata entra in gioco anche il tempo di riverberazione dell'ambiente ricevente, mediante il valore T , mentre il valore T_0 rappresenta il valore di riferimento di riverberazione acustica, pari a 0,5 secondi.

Viene, infine, introdotto nella succitata norma l'indice di livello di rumore di calpestio dei solai, $L_{n,w}$, da calcolare secondo le procedure di cui alla norma Uni 8270:1987, oggi sostituita dalla norma Uni EN Iso 717-2:1997¹¹. In funzione delle differenti categorie di edifici vengono definiti i relativi valori limite.

La qualità dell'aria

La ventilazione rappresenta un movimento di aria che attraversa l'involucro e si muove all'interno degli ambienti in modo meccanico o naturale. Il controllo della ventilazione degli spazi chiusi è uno dei requisiti che concorrono al mantenimento dell'equilibrio omeostatico dell'uomo e, in particolare, al soddisfacimento dell'esigenza del benessere termogrometrico e del benessere respiratorio-olfattivo. La ventilazione negli spazi chiusi è finalizzata a:

¹¹ Norma Uni EN Iso 717-2:1997, Acustica - Valutazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Isolamento del rumore di calpestio, dicembre 1997.

¹² Norma Uni 10339, Impianti aeraulici ai fini di benessere. Generalità, classificazione e requisiti.

¹³ Vedere l'art. 5 del DM 5 luglio 1975, "Requisiti igienico-sanitari principali dei locali di abitazione".

TABELLA 6. NUMERO DI RICAMBI D'ARIA ORARI NEGLI AMBIENTI RESIDENZIALI, COMMERCIALI, TERZIARI E PRODUTTIVI. FONTE: ELABORAZIONE DELL'AUTORE SU DATI DEL D.M. 5 LUGLIO 1975 E IL CANADA LABOUR CODE

Funzione e ambiente	Numero di ricambi d'aria orari
Residenziale	
In generale	$n > 2$
Cucine	$n > 3$
Servizi igienici	$n > 5$
Commerciale e terziario	
Basso concorso di pubblico	$n > 3$
Alto concorso di pubblico	$n > 5$
Produttivo	
In generale	$n > 5$

- controllare il grado di umidità relativa per garantire adeguati livelli di benessere igrotermico invernale;
- contenere gli effetti della condensa del vapore ed evitare la formazione di colonie microbiche;
- contribuire al raggiungimento di un sufficiente benessere igrotermico estivo;
- assicurare le condizioni di benessere respiratorio olfattivo;
- assicurare un adeguato ricambio d'aria per evitare la presenza di impurità nell'aria e di gas nocivi;
- assicurare l'afflusso dell'aria richiesta dalla combustione nei locali in cui sono installati apparecchi a combustione.

La ventilazione naturale degli ambienti è fondamentale per raggiungere il benessere termoigrometrico e controllare la qualità dell'aria. Essa viene garantita da due meccanismi:

- il gradiente di pressione tra ambiente esterno ed ambiente interno;
- il gradiente di temperatura. In questo caso, il movimento dell'aria avviene per la differente densità dell'aria al variare della temperatura.

Il livello di prestazione della ventilazione meccanica è espresso in numero di ricambi d'aria orario, ossia attraverso il rapporto tra il volume dello spazio e il volume d'aria rinnovato in un'ora all'interno del medesimo spazio¹². I ricambi d'aria si distinguono in:

- continui, se ottenuti attraverso la permeabilità degli infissi e attraverso le prese d'aria esterne;
- discontinui, se avvengono con il controllo da parte dell'utente, ad esempio, tramite l'apertura delle finestre o la ventilazione meccanica. Qualora la permeabilità degli infissi e le prese d'aria esterna non riescano a garantire il raggiungimento dei ricambi d'aria continui prescritti, occorre ricorrere anche alla ventilazione continua meccanica¹³.

La prestazione base di $n = 0,5$, inoltre, deve essere assicurata in modo continuativo attraverso prese d'aria naturali o meccaniche.

Valentina Puglisi, Politecnico di Milano